

**Requested document:****[JP2001237617 click here to view the pdf document](#)****TRANSMISSION LINE**

Patent Number: JP2001237617  
Publication date: 2001-08-31  
Inventor(s): TAKAHASHI TAKESHI; YAMADA TOSHIKI; HASEGAWA HIROAKI  
Applicant(s): TDK CORP  
Requested Patent: ☐ [JP2001237617](#)  
Application Number: JP20000376355 20001211  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01P3/16  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a transmission line suitable for small-loss transmission to be used in high frequency bands and to provide the producing method therefor.  
**SOLUTION:** A transmission line 1 is provided with low and high dielectric constant parts 11 and 12 as first and second dielectrics for forming a three- dimensional cyclic structure with a prescribed cutoff frequency band and, as main components a waveguide area 12 which does not have the prescribed cutoff frequency band. At least any one of first and second dielectrics is formed of dielectric materials containing high polymer materials.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-237617

(P2001-237617A)

(43) 公開日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 P 3/16

識別記号

F I

H 0 1 P 3/16

テマコード\* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-376355 (P2000-376355)

(22) 出願日 平成12年12月11日 (2000. 12. 11)

(31) 優先権主張番号 特願平11-353743

(32) 優先日 平成11年12月13日 (1999. 12. 13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号

(72) 発明者 高橋 毅

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 山田 俊昭

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 長谷川 浩昭

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100101214

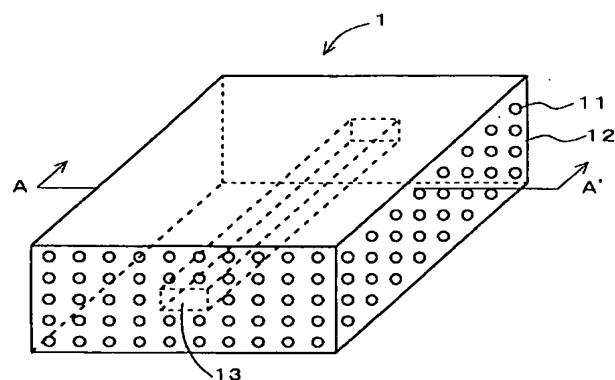
弁理士 森岡 正樹

(54) 【発明の名称】 伝送線路

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、高周波帯で用いられる伝送線路及びその製造方法に関し、低損失伝送特性を発揮するのに適した伝送線路及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 伝送線路 1 は、所定の遮断周波数帯の働きを担う三次元周期構造を形成する第 1 の誘電体としての低誘電率材料部 1 1 と第 2 の誘電体としての高誘電率材料部 1 2、および所定の遮断周波数帯を保有しない導波路領域 1 3 を主要構成要素として備えている。第 1 又は第 2 の誘電体の少なくともいずれかは高分子材料を含む誘電体材料で形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の比誘電率を有する第1の誘電体と、前記第1の比誘電率と異なる第2の比誘電率を有する第2の誘電体と、前記第1及び第2の誘電体を所定の周期で配列した周期構造と、高周波帯で所定の電磁波の伝搬を禁制するように前記第1及び第2の比誘電率と前記周期とに基づいて規定される所定の遮断周波数帯とを備えていることを特徴とする伝送線路。

【請求項2】請求項1記載の伝送線路であって、前記周期構造は、前記第1及び第2の誘電体を所定の周期で三次元に配列した三次元周期構造であることを特徴とする伝送線路。

【請求項3】請求項1又は2に記載の伝送線路であって、前記第1の誘電体は、高分子材料又はセラミック材料の少なくともいずれかを含む誘電体材料で形成されていることを特徴とする伝送線路。

【請求項4】請求項3記載の伝送線路であって、前記第2の誘電体は、高分子材料を含む誘電体材料で形成されていることを特徴とする伝送線路。

【請求項5】請求項4記載の伝送線路であって、前記第2の誘電体の誘電体材料は、セラミック材料を含むことを特徴とする伝送線路。

【請求項6】請求項4記載の伝送線路であって、前記第2の誘電体の誘電体材料は、2種以上の高分子材料を含む複合材料からなることを特徴とする伝送線路。

【請求項7】請求項4乃至6のいずれか1項に記載の伝送線路であって、前記第1及び第2の誘電体の誘電体材料は、積層構造であることを特徴とする伝送線路。

【請求項8】請求項1乃至7のいずれか1項に記載の伝送線路であって、前記周期構造が形成されていない伝送領域を含んでいることを特徴とする伝送線路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として高周波帯（本願では、マイクロ波帯、準ミリ波帯、ミリ波帯、またはサブミリ波帯を含むものとする）で用いられる伝送線路に関する。

【0002】本発明は、衛星通信機器や移動体通信機器、無線通信機器、高周波・超高周波通信機器、及びそれらの基地局等で用いられる共振器および発振器、方向性結合器、分岐路、フィルタ、IC用回路基板等を構成する所定の遮断周波数帯を有する伝送線路に用いて好適である。

## 【0003】

【従来の技術】マイクロ波帯から準ミリ波帯、ミリ波

帯、サブミリ波帯に亘る高周波・超高周波通信において、共振器やフィルタ等を構成する基本技術として、伝送線路が用いられている。この伝送線路には、マイクロ波帯ではストリップラインやコプレーナ線路、あるいはトリプレート線路が広く使用され、ミリ波帯においてはNRD線路が使われている。

【0004】従来のマイクロ波帯伝送線路においては、例えば、「マイクロ波」（東京大学出版会、1983年）に記載されているように、高分子材料の表面若しくは内部に、銅（Cu）や銀（Ag）等の金属からなる電極を形成することにより、ストリップラインやコプレーナ線路、トリプレート線路を構成している。ミリ波帯においては、例えば、日本国特許第2692328号公報では、図10に示すように、誘電体ストリップ82を金属部81で挟み込んだ構成からなるNRD線路が伝送線路として用いられている。

【0005】一方、フォトニック・バンドギャップを有したフォトニック・クリスタルは、光通信システム向け光導波路や光フィルタ等への応用を狙って、屈折率変化領域を形成した実施例が特開平11-218627号公報に開示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ストリップラインやコプレーナ線路においては、伝送用電極が誘電体部の外面に配置されているため、外部空気中への電磁界放射損失があり、伝送線路全体の損失が大きいという問題がある。また、電磁界が集中している伝送用線路が外面へ剥き出ししているため、外界ノイズの影響も受け易い。

【0007】トリプレート線路においては、前述の問題は発生しないものの、電極を誘電体内部へ形成するために、電極と誘電体界面では、空隙やクラック、剥離が生じることから、製品の品質が一定しないという問題を有している。

【0008】また、ストリップラインやコプレーナ線路、トリプレート線路に共通する問題として、高分子材料と金属電極間の接着強度が弱い場合、金属電極表面に集中して流れる高周波電流に影響を与えてしまい、金属損失を大幅に増大させてしまう問題がある。

【0009】NRD線路においては、構成部材が多いため、組立に高コストを要している。また、組立バラツキから伝送特性が不安定になるというデメリットも存在する。別個である金属板と誘電体ストリップを組み合わせたという形式から集積化には不向きであり、他のデバイスとのコンビネーションが難しいため、高周波・超高周波モジュールの製品開発へ制約を加えている。

【0010】ストリップラインおよびコプレーナ線路、トリプレート線路、NRD線路の全ての伝送線路は誘電体部と金属部から構成されているため、その伝送損失に

は、誘電体材料に由来する誘電損失のみならず、金属部による金属損失も付加されている。また、比重の大きい金属を含有するため、デバイスが重くなる問題点もある。

【0011】また、例えば空孔を含有した構造を用いた場合には伝送線路の重量を軽くできる利点があるが、反面、機械的強度が不十分になったり耐湿性等に劣り所望の信頼性が得られなかったりする問題が生じる。

【0012】本発明の目的は、低損失伝送特性を発揮するのに適した伝送線路を提供することにある。また本発明の目的は、再現性よく安価に製造でき、さらに、フレキシビリティのある形状を有する軽量の伝送線路を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的は、第1の比誘電率を有する第1の誘電体と、前記第1の比誘電率と異なる第2の比誘電率を有する第2の誘電体と、前記第1及び第2の誘電体を所定の周期で配列した周期構造と、高周波帯で所定の電磁波の伝搬を禁制するように前記第1及び第2の比誘電率と前記周期とに基づいて規定される所定の遮断周波数帯とを備えていることを特徴とする伝送線路によって達成される。

【0014】上記本発明の伝送線路であって、前記周期構造は、前記第1及び第2の誘電体を所定の周期で三次元に配列した三次元周期構造であることを特徴とする。また、前記第1の誘電体は、高分子材料又はセラミック材料の少なくともいずれかを含む誘電体材料で形成されていることを特徴とする。

【0015】さらに、前記第2の誘電体は、高分子材料を含む誘電体材料で形成されていることを特徴とする。またさらに、前記第2の誘電体の誘電体材料はセラミック材料を含むことを特徴とする。あるいは、前記第2の誘電体の誘電体材料は2種以上の高分子材料を含む複合材料からなることを特徴とする。

【0016】上記本発明の伝送線路であって、前記第1及び第2の誘電体の誘電体材料は、積層構造であることを特徴とする。また、上記本発明の伝送線路であって、前記周期構造が形成されていない伝送領域を含んでいることを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の一実施の形態による伝送線路を図1乃至図9を用いて説明する。まず、本実施の形態による伝送線路の概略の構成を図1及び図2を用い

て説明する。図1は本実施の形態に係る所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路の一例を示す斜視図であり、図2は図1のA-A'線で切断した断面を示している。

【0018】本実施の形態による伝送線路1は、所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えている。伝送線路1は、所定の遮断周波数帯の働きを担う周期構造を形成する第1の誘電体又は第2の誘電体としての低誘電率材料部11と高誘電率材料部12、および所定の遮断周波数帯を保有しない導波路領域（伝送領域）13を主要構成要素として備えている。

【0019】ここで、本実施の形態による伝送線路1で、所定の遮断周波数帯が発生する原理について説明する。高周波・超高周波帯において、真空中で波長 $\lambda$ の電磁波が、比誘電率 $\epsilon_r$ の物質中を伝搬する場合、波長短縮効果が起こり、 $\lambda/\sqrt{\epsilon_r}$ の波として実際に伝わることになる。もし、この物質に周期 $a$ の境界条件が存在すると、以下の条件を満たすときには入射波が反射波のうち消されるBragg反射が発生する。

【0020】

【数1】

$$\frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} = 2a \quad (1)$$

【0021】この物質が三次元的に、比誘電率の異なる誘電体により、周期構造を形成していたとすれば、上記のような波長を有する電磁波はあらゆる方向への伝搬を遮断される。つまり、物質が $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向の全てに対して、周期 $a$ の境界条件を有する場合には、

【0022】

【数2】

$$f = \frac{c}{2a\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

【0023】の周波数はもはや、波として存在できないことになる。ただし、 $c$ は光速である。このように、比誘電率の異なる誘電体で三次元の周期構造を形成し、その周期と比誘電率をコントロールすることにより、物質中の全方向に対する一切の伝搬を禁制する遮断周波数帯を作り出すことができる。以上を理論的にマスクウェル方程式から考えてみる。電磁場を記述した下記の方程式

【0024】

【数3】

$$\text{rot } \vec{E}(\vec{r}, t) + \frac{\partial \vec{B}(\vec{r}, t)}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

但し、

$\vec{B}$  : 磁束密度

$\vec{E}$  : 電界

$\vec{r}$  : 座標

$t$  : 時間

の回転を考えることから、

10 【数4】

【0025】

$$\Delta \vec{E}(\vec{r}, t) = -\frac{1}{c^2} \times \frac{\partial^2 \vec{E}(\vec{r}, t)}{\partial t^2} \quad (4)$$

【0026】が得られる。3次元周期構造を考えて  
いるので、この物質には、通常の結晶と同様なブロッホ  
の定理が成立し、周期格子の基本並進ベクトル

$\vec{a}$   
に対して、

【0027】

【数5】

【数6】

$$\vec{v}_{kn}(\vec{r} + \vec{a}) = \vec{v}_{kn}(\vec{a}) \quad (5)$$

但し、 $\vec{V}$  は周期的ポテンシャル

を満たすベクトル値関数を用いれば、式(3)の固有関  
数は、

【0030】は第一ブリルアンゾーン内の波動ベクトル、 $n$ はバンドを指定する整数である。波動ベクトル

【数9】

【0028】

【数7】

$$\vec{E}_{kn}(\vec{r}) = \vec{v}_{kn}(\vec{r}) \exp(i\vec{k} \cdot \vec{r}) \quad (6)$$

と表すことができる。ここで、

を持つ波が回折を起こすためのBragg反射の条件  
は、式(7)で示され、

【0029】

30 【0031】

【数8】

【数10】

$\vec{k}$

$$(\vec{k} + \vec{G})^2 = k^2 \quad (7)$$

【0032】波動ベクトル

は、

【数11】

【数12】

$\vec{k}$

$$\vec{k} = \pm \frac{1}{2} \vec{G} = \pm \frac{n\pi}{\vec{a}} \quad (8)$$

【0033】となる。ここで、三次元周期構造を結晶と  
同様に考えて、ベクトル

【0034】

【数14】

【数13】

$\vec{G}$

$$\exp(i\vec{k} \cdot \vec{r})$$

$$\exp(-i\vec{k} \cdot \vec{r})$$

は逆格子ベクトルである。次々とBragg反射が発生  
する場合には、波がどの方向にも進めない定在波の状態  
になり、この定在波は以下の二つの進行波

50 【0035】の組み合わせで考えることができる。この

進行波が三次元的に比誘電率の異なる誘電体による周期構造内に存在した場合、そのポテンシャルエネルギーが異なり、結晶のバンドギャップに相当する、電磁波の伝搬を禁制する遮断周波数帯が生まれることになる。

【0036】さて、図1及び図2に戻り、低誘電率材料部11には、比誘電率の低い特性を有する高分子材料や高分子材料とセラミック材料との複合材料、高分子材料同士の複合材料等が使用される。広帯域な遮断周波数帯を形成するためには、低誘電率材料部11と高誘電率材料部12の比誘電率の比が大きいほど有利なため、低誘電率材料部11の比誘電率は小さい程よい。比誘電率が1.0である空気を低誘電率材料部11として用いることは不可能ではないが、製品の信頼性や強度を考慮し、低誘電率高分子材料が主に使用される。

【0037】例えば、特開平9-208627号公報に開示されたフマル酸ジエステルを含む単量体組成物を重合して得られた高分子材料や特開平11-60645号公報に開示されたホモポリプロピレンと（スチレン/ジビニルベンゼン）ポリマーをグラフト重合して得られた高分子材料、特開平9-31006号公報に開示されたビニルベンジル樹脂、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）樹脂、ポリエチレン（PE）樹脂、ポリスチレン（PS）樹脂、ポリカーボネート（PC）樹脂、ポリメチルメタクリレート（PMMA）樹脂、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビニルトリアジン（BTレジン）樹脂、ポリフェニレンエーテル（PPE）樹脂、ポリフェニレンオキサイド（PPO）樹脂、ポリオレフィン樹脂、塩化ビニル樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、フッ素系樹脂などによる熱可塑性樹脂等がその低誘電率および低誘電損失から好ましく使われる。

【0038】高誘電率材料部12には、比誘電率の高い特性を有する高分子材料や高分子材料とセラミック材料との複合材料、高分子材料同士の複合材料、セラミック材料等が使用される。上述のように、広帯域な遮断周波数帯を形成するためには、高誘電率材料部12の比誘電率は大きい程よい。例えば、ポリフッ化ビニリデン樹脂やメラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリフッ化ビニル樹脂等の高誘電率高分子材料が好ましく使用される。さらに、比誘電率が高い材料を必要とする場合には、上述してきたような各種高分子材料とセラミック材料との複合材料、もしくはセラミック材料単体を用いることが望ましい。

【0039】セラミック材料としては、特願平11-70005号で提案された $BaO-Nd_2O_3-TiO_2-B_2O_3-ZnO-CuO$ 系材料や $Al_2O_3-TiO_2$ 系材料、 $TiO_2$ 系材料、 $BaO-Bi_2O_3-Nd_2O_3-TiO_2$ 系材料、 $BaO-Bi_2O_3-Nd_2O_3-TiO_2-SrTiO_3$ 系材料、 $BaO-PbO-Nd_2O_3-TiO_2$ 系材料、 $BaNd_2Ti_5O_{14}$ 系材料、 $BaSm_2Ti_5O_{14}$ 系材料、 $Ba(Zn, Nb)O_3$ 系材料、 $BaT$

$i_4O_9$ 系材料、 $Ba_2Ti_9O_{20}$ 系材料、 $(Zr, Sn)TiO_4$ 系材料、 $Ba(Zn, Ta)O_3$ 系材料、 $Ba(Mg, Ta)O_3$ 系材料、 $MgTiO_3-CaTiO_3$ 系材料等がその高誘電率および低誘電損失から特に好ましい。

【0040】導波路領域13は、周期構造以外の部分であるため、所定の遮断周波数帯を有さない。従って、導波路領域13には、高分子材料や高分子材料とセラミック材料との複合材料、高分子材料同士の複合材料等、如何なる材料を使用しても構わない。好ましくは、電磁波の伝搬を担う領域のため、伝送線路の伝搬周波数において低誘電損失特性を保有する材料が有利である。安価に製造することを考慮すると、導波路領域13には、低誘電率材料部11若しくは高誘電率材料部12の材料を重複して使用することが望ましい。

【0041】熱膨張率を制御すること及び、強度を大きくすることを狙いとして、低誘電率材料部11と高誘電率材料部12、導波路領域13の全て、またはそれらの何れかをガラス繊維などの強化用繊維に含浸させてもよい。

【0042】所定の遮断周波数帯域を安定に保つため、且つ伝送特性の温度依存性をなくすため、低誘電率材料部11と高誘電率材料部12、導波路領域13の比誘電率温度係数はゼロに近い方が好ましい。その場合、広い温度範囲に亘って安定な周波数温度特性を保証できる伝送線路を供給することができる。但し、低誘電率材料部11と高誘電率材料部12、導波路領域13の温度安定性が悪い場合でも、外部に温度ドリフトを補償する機構を備え付けた場合はこの限りでない。

【0043】上述の構成により作製された所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路1において、低誘電率材料部11と高誘電率材料部12による周期構造から形成された、所定の遮断周波数帯域内の周波数が伝搬する場合には、周期構造内への電磁波侵入が禁制されるため、全電磁波は導波路領域13へ集中し、この導波路領域13に沿って伝搬することになる。従って、伝送線路以外への放射損失が一切発生しない低損失な伝送線路が得られる。また、導波路領域13を外部と接しないクローズ構造に作製することが可能なため、外界ノイズの影響も一切受けない。

【0044】加えて、本実施の形態の構造によると、従来の伝送線路において必須であった金属電極部を用いないため、伝送線路の損失に金属損失が寄与せず、高効率伝送が可能になる。さらに、金属電極部を含有しないため、金属電極と誘電体間において、空隙やクラック、あるいは剥離が生じない等の利点が挙げられる。これらの特徴によりデバイス製品を安定に、且つ再現性よく供給することができるようになる。とりわけ、高分子材料と金属電極間の接着強度を考慮する必要がないことは、特性と製造の両面から大きな利点である。

【0045】その他、図10に示したNRD線路と比較して、本実施の形態による伝送線路1は構成部品が少なく、組立工程も必要としないため、安価かつ容易に安定な製品を作製できることも特徴である。本実施の形態による伝送線路1は、集積化が簡単なため、伝送線路を基本構成部として、共振器や発振器、方向性結合器、分岐路、フィルタ、IC用回路基板等へ応用することが可能である。

【0046】さらには、比重の小さい高分子材料を中心に伝送線路を形成するため、セラミック材料や半導体で作製した伝送線路と比較して、軽量化を図ることができる。伝送線路に金属部を含まないことも軽量化の一助である。

【0047】なお、上述の低誘電率材料部11と高誘電率材料部12による周期構造を形成する際は、フィルム化工程、スピンコート工程、フローコート工程、カーテンコート工程、プレス成形工程、ディッピング工程、印刷工程、転写工程、インクジェット工程、バブルジェット工程、フォトリソグラフィ工程、紫外光硬化工程、レーザートリミング工程、エッチング工程、接着工程の何れかの工程を有する製造方法もしくはそれらの組み合わせによる製造方法を使用する。これにより、半導体プロセスのような、非常に複雑かつ高コストな製造工程を必要としないメリットがある。さらには、上述の製造工程を使用して、高分子材料を成形するため、任意形状へフレキシブルに構成できることも大きな特徴である。

【0048】

【実施例】以下、具体的に実施例を用いて本実施の形態による伝送線路1について説明する。

【実施例1】実施例1による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路1は、既に説明した図1及び図2に示した構造を有している。低誘電率材料部11には、比誘電率が2.4であるジシクロヘキシルフマレート(d i - c H F)を重合した高分子材料を用いている。高誘電率材料部12と導波路領域13には、比誘電率が13.3であるネガ形感光性ポリイミド樹脂20質量%とBaO-MgO-CoO-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系材料80質量%の高分子材料-セラミック材料による複合材料を使用している。これらの材料による組み合わせでは、周期構造において、5.5倍もの比誘電率の比を実現できるので、広帯域な遮断周波数帯を実現することができる。

【0049】次に、本実施例による伝送線路1の製造方法について図3を用いて説明する。図3(a)~(g)は伝送線路1の製造工程中の基板断面を示している。また、図3(h)は完成した伝送線路1の斜視図である。まず高誘電率材料部12のネガ形感光性ポリイミド樹脂20質量%とBaO-MgO-CoO-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系材料80質量%の高分子材料-セラミック材料による複合材料溶液をトルエン溶媒に溶解して、高分子材料溶液12

aを得る。溶媒の有機溶剤は、良好な溶解性を示し、蒸発速度に影響を及ぼさないものならば特に制限はない。図3(a)に示すように、高分子材料溶液12aをスピンコートにて基板上に塗膜後、熱処理を加えて脱溶剤を実施すると共に耐溶剤性を保有させる。

【0050】次に、図3(b)に示すように、上記と同様の手法にて溶液化した低誘電率材料部11を形成するために、ジシクロヘキシルフマレート(d i - c H F)を重合した高分子材料を高分子材料溶液12aの塗膜上へスピンコートにて成膜する。

【0051】次いで、図3(c)に示すように、マスキング技術を用いてドット形のように所望の形状大きさの領域のみを紫外光硬化し、硬化していない部分を有機溶剤にて除去してから熱処理を行うことにより、高誘電率材料部12上にパターン化した低誘電率材料部11が形成される。

【0052】図3(d)、(e)、(f)、(g)に示すように、上述のスピンコート工程や紫外光硬化工程を繰り返すことにより、三次元周期構造(図3(h)参照)が作製される。但し、工程を繰り返す途中の層には周期構造を崩した導波路領域13の存在する層が含有している。その後、所望の形状に分割、乾燥を行うことにより、所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路1を得ることができる。

【0053】本実施例においては、導波路領域13が高分子材料-セラミック材料による高誘電率複合材料にて形成されているので、低伝送損失の利点以外にも、伝搬周波数の波長短縮効果があり、ダウンサイジングの要望に応えることが可能である。誘電体内の波長は比誘電率の平方根に反比例するので、導波管を使用するのに比べて $1/\sqrt{13.3}$ ( $=1/\sqrt{13.3}$ )の小型化を実現でき、テフロン(登録商標)を利用したNRD線路に比べて $1/2.5$ ( $\sqrt{2.1/13.3}$ )の小型化を実現することができる。

【0054】【実施例2】本実施例2による伝送線路1を図4に示す。図4は、本実施例に係る所定の遮断周波数帯を有する二次元周期構造を備えた伝送線路1を示す斜視図である。低誘電率材料部11と導波路領域13には比誘電率が2.3であるホモポリプロピレンと(スチレン/ジビニルベンゼン)ポリマーをグラフト重合して得られた高分子材料を用い、高誘電率材料部12には、比誘電率が93.0であるBaO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>系材料を用いている。

【0055】高誘電率材料部12は、円柱状に加工されて周期的に配列されて、低誘電率材料部11の高分子材料中に埋め込まれている。但し、中央部には高誘電率材料部12の円柱状試料が配置されておらず、周期構造を崩した導波路領域13が形成されている。

【0056】次に、本実施例による伝送線路1の製造方法について図5を用いて説明する。図5(a)~(c)

は伝送線路1の製造工程中の基板を示す斜視図である。まず、図5(a)に示すように、低誘電率材料部11であるホモポリプロピレンと(スチレン/ジビニルベンゼン)ポリマーをグラフト重合して得られた高分子材料をフィルム上へ熱プレスしてシート11aを得る。

【0057】次に、図5(b)に示すように、円柱状に焼成後、加工した高誘電率材料部12のBaO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>系材料が二次元周期構造を形成するように、マウンター機器を使用して、メカニカルに並べる。

【0058】その後、図5(c)に示すように、高誘電率材料部12が埋まるように、シート上の空スペースへ低誘電率材料部11の高分子材料を流し込み、再度熱プレスを実施する。但し、中央部には高誘電率材料部12の円柱状試料を配置しないことにより、周期構造を崩した導波路領域13を構成することができる。その後、所望の形状に分割することにより、所定の遮断周波数帯を有する二次元周期構造を備えた伝送線路1を得ることができる。

【0059】本実施例においては、導波路領域13が低誘電率材料11にて形成されているので、低伝送損失の利点以外にも、伝搬速度を速める効果があり、高速通信に対応することができる。誘電体媒質中の伝搬速度(位相速度)は比誘電率の平方根に反比例するので、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板を使用するのに比べて2( $\sqrt{9.5/2.3}$ )倍の高速化を実現でき、Ba<sub>2</sub>Ti<sub>9</sub>O<sub>20</sub>基板を使用するのに比べて4.1( $\sqrt{38.8/2.3}$ )倍の高速化を図ることができる。

【0060】[実施例3] 本実施例3において、所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路1における、遮断周波数帯の働きを電磁界計算法によって明らかにする。本実施例3の三次元周期構造モデル2は図6に示した構造を有しており、低誘電率部11には比誘電率が2.4の材料を、高誘電率部12には比誘電率が12.0の材料を用いている。図6において、周期構造の周期、すなわち、高誘電率部12ドットの中心間隔を5.81mmに、高誘電率部12ドットの半径を1.04mm(占有率0.1)に定めた。電磁界計算法には、計算精度が高く、計算時間の短縮が図られる、時間領域差分法(FD-TD)を使用した。以上のモデル構造によるシミュレーションの結果を図7に示すが、広帯域かつ減衰が大きい、遮断周波数帯が確認された。従って、三次元周期構造を備えた伝送線路1においては、十分に実用的な遮断周波数帯を具備していることが分かる。

【0061】本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。例えば、図8に示すように、高誘電率材料部12を波形形状に設けることにより、3次元周期構造を実現することもできる。また、図9に示すように、導波路領域13をコの字型やL字型等に曲げること

により、電磁波の伝搬方向を任意に変更することができる。

#### 【0062】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、低損失伝送特性を発揮するのに適した、所定の遮断周波数帯を有する二次元又は三次元周期構造を備えた伝送線路を提供することができる。また、さらなる本発明の効果として、低損失特性を発揮するのに適した、所定の遮断周波数帯を有する二次元又は三次元周期構造を備えた伝送線路を再現性よくかつ安価に製造でき、さらに、フレキシビリティのある形状を有する軽量の二次元又は三次元周期構造を備えた伝送線路を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路の実施例1を示す斜視図である。

【図2】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路の実施例1の断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路の実施例1の製造方法を示す概略図である。

【図4】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する二次元周期構造を備えた伝送線路の実施例2を示す斜視図である。

【図5】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する二次元周期構造を備えた伝送線路の実施例2の製造方法を示す斜視図である。

【図6】本発明の一実施例の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造モデルの実施例3の斜視図である。

【図7】本発明の一実施例の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造モデルの実施例3の伝送特性図である。

【図8】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路の変形例を示す斜視図である。

【図9】本発明の一実施の形態による所定の遮断周波数帯を有する三次元周期構造を備えた伝送線路の他の変形例を示す斜視図である。

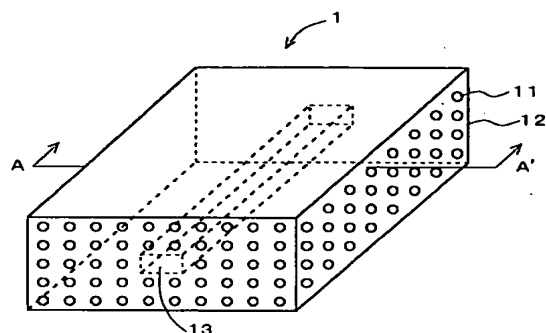
【図10】従来のNRD線路を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

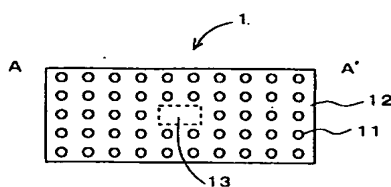
- 1 伝送線路
- 2 三次元周期構造モデル
- 11 低誘電率材料部
- 12 高誘電率材料部
- 13 導波路領域
- 81 金属板
- 82 誘電体ストリップ



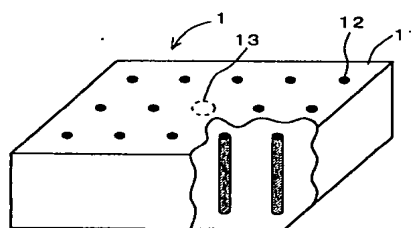
【図1】



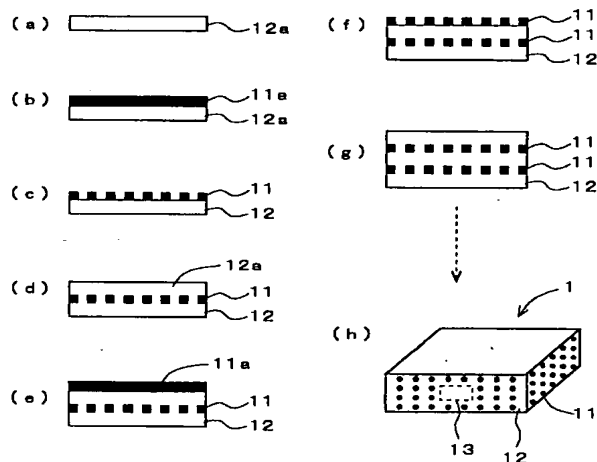
【図2】



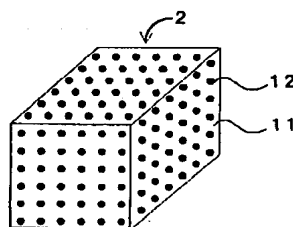
【図4】



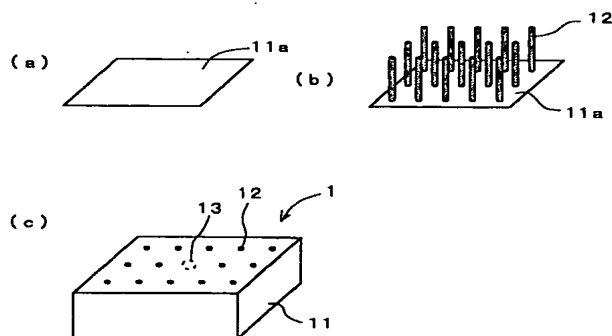
【図3】



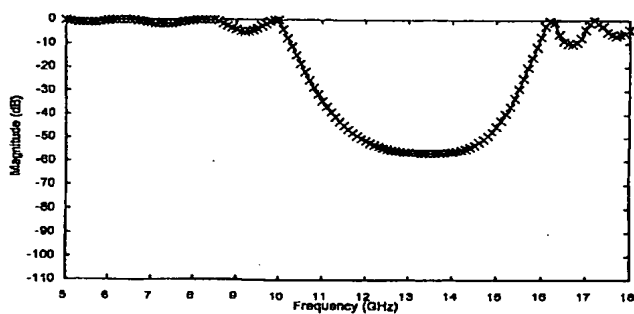
【図6】



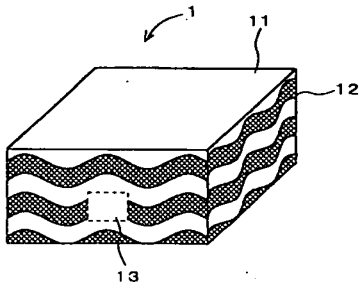
【図5】



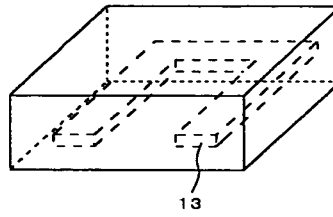
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

